

ブロードバンド工学研究部門の目標と成果(研究活動)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	11
ページ	23-36
発行年	2005-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/30491

3. 2 ブロードバンド工学研究部門の目標と成果

ブロードバンド工学研究分野は、日々増加し続ける情報量を高速にやり取りすることにより、21世紀の大容量情報通信時代に柔軟に対応するための各種電子デバイスと通信の基本システムを構築することを目的としている。研究範囲はマイクロ波からミリ波・サブミリ波、テラヘルツ波、さらには光波までの広範な分野にわたり、各種情報信号の発生、伝送、処理、記録技術について主に研究開発している。

具体的な研究分野は、先端ワイヤレスに関するマイクロ波情報通信分野、ミリ波・サブミリ波を利用した超ブロードバンド信号処理に関する超高周波工学研究分野、光・テラヘルツ領域での通信に関する光通信・量子光学の2研究分野、情報ストレージ・半導体スピントロニクスに関する情報記録・材料科学の2研究分野、ならびにブロードバンド通信の基盤技術を研究する客員分野の7研究分野から成っている。平成16年度の研究活動の概要は分野毎に別途記すが、その概要は以下の通りである。

(1) 先端ワイヤレス通信技術研究分野

(目標) 世界中どこにいても、高速にすべての情報を無線で手にいれることが可能となる「ユビキタス・ネットワーク」を実現する。

(成果) 無線LAN方式にてシームレスに接続基地局切り替え可能なレイヤ2転送技術や、広帯域・低消費電力動作を可能とする、電流モード信号処理LSIの開発を行った。また、端末の小型化を目指し、異種材料デバイスを高周波帯までシームレスに接続できる三次元実装システムインパッケージの研究開発を行った。

(2) 超ブロードバンド信号処理研究分野

(目標) いまだ未踏の電磁波領域である短ミリ波・テラヘルツ波帯の技術を開拓、実用化するために、本領域で動作する各種デバイス、及び、これら電磁波を用いた応用として、画像化システムの研究開発を実施する。

(成果) 画像化システムに関して、0.3 THz帯で微小領域の計測を可能とする新型の近接場用プローブの設計及び試作を完了した。更に、生体組織等を対象とする完全無侵襲計測を行うことが可能な、パッシブ・マイクロコピーの実現可能性に関する実験的検討を実施した。

(3) 超高速光通信研究分野

(目標) 光・量子エレクトロニクスおよび通信工学をもとにして、超高速光通信の基盤となる超短光パルス発生・伝送技術、光ソリトンならびに光信号処理の研究を行い、次世代の超高速光ネットワークの基盤技術の構築を目指す。

(成果) 40 GHzモード同期ファイバレーザを作製し、幅1.5 psのフーリエ限界パルスを発生させることに成功した。また、時間領域光フーリエ変換による新たな適応等化法を提案し、160 Gbit/s光信号の120 km伝送に成功した。さらに、線幅6 kHz・周波数安定度 10^{-11} の周波数安定化ファイバレーザを実現した。

(4) 応用量子光学研究分野

(目標) レーザおよび非線形光学技術を用いて光波からミリ波に至るコヒーレント電

磁波の発生・制御技術確立し、「テラフォトンクス」分野の創成と新たな光計測・診断技術の開拓を目指す。

(成果) 0.1-100 THz域の周波数可変コヒーレント光発生において高速波長制御・高出力化を行い、連続テラヘルツ波発生にも成功した。また、コヒーレントラマン分光により生体分子・固体のテラヘルツ帯振動計測・解析を進めた。さらに、周波数シフト帰還型レーザの高精度・高安定化を行い、光3次元計測への応用を図った。

(5) 情報ストレージシステム研究分野

(目標) IT社会で取扱われる膨大な情報の蓄積・アクセスを行うのがハードディスク装置等の磁気ストレージである。本分野では垂直磁気記録方式による記録の高密度化を進めるとともに、これを用いたストレージシステムの研究を行っている。

(成果) 垂直磁気記録方式について記録デバイスのナノ磁性構造に基づく記録理論の構築を続けている。今年度は記録分解能とディスクノイズに関する検討を加えて、実証的な高密度化に必須な信号SN比の改善のための指針を実験的に示した。また、グリッド型ストレージシステムの原理実験や無線インタフェース付小型ハードディスクの試作研究も行った。

(6) ナノ・スピン実験施設 半導体スピントロニクス研究部

(目標) スピンを用いた演算・記憶・伝送機能のデバイス化、スピンを用いた量子情報処理機能の探索、量子構造における赤外・テラヘルツレーザ光発生、を中心に電荷・スピンの自由度を用いた情報通信機能を実現する。

(成果) 磁性半導体 (Ga,Mn) Asを用いた素子で外部磁場に依らない低電流密度での電氣的磁化反転を実現した。また、半導体量子構造における電子・核スピン相互作用のゲート制御と、電氣的スピン注入のための磁性/非磁性半導体ヘテロ構造の最適化を行った。さらに、世界最高水準の低閾値量子カスケードレーザを実現した。

(7) ブロードバンド通信基盤技術研究分野

(目標) 電磁波の応用は、通信、計測、エネルギーに大別できる。本分野では、電磁波スペクトラムのうちミリ波・テラヘルツ波領域を計測へ応用することを主なテーマとして研究を進めている。

(成果) ミリ波帯の小型パッシブ計測システムを設計、試作し、果実、生体組織などを計測した。また、悪環境下での監視を含むパッシブ計測への応用を目的に開発を進めている広帯域アンテナ（フェルミアンテナ）について、その設計法を明らかにした。

超高速光通信研究分野

次世代超高速光通信技術に関する研究

<分野の目標>

インターネットや携帯で扱われる情報が音声、静止画、動画と多彩になり、また利用者が広がるにつれ、快適なコミュニケーション環境を提供する大容量・超高速ネットワークの実現が大変重要になってきている。超高速光通信技術はそのネットワークを支える中核技術である。本研究分野では、光・量子エレクトロニクスと伝送工学を駆使して、超高速光通信の基盤となる超短光パルス発生・伝送技術、ソリトンを中心とする非線形波動技術、超高速レーザ技術、光信号処理技術の研究を行い、21世紀のグローバルな超高速光ネットワークの構築を目指している。

<主な成果>

(1) 超短光パルス発生技術に関する研究

本研究分野では、次世代の超高速光通信用光源として10～40 GHz帯超短光パルス列の発生技術に関する研究を進めている。本年度は、40 GHzモード同期ファイバレーザを作製し、その発振特性の詳細な測定と解析を行なった。その結果、レーザ共振器長を50 mまで短くすることによりスーパーモード雑音を抑制し、パルス幅1.5 psのフーリエ限界パルスを安定に発生させることに成功した。また、ヘテロダイン検波法を用いて発振縦モードの線幅を測定した結果、縦モード線幅は1 kHz以下と非常に狭いことを示した。さらに、本レーザでは、わずかな温度変化に伴うモードホップにより、発振周波数の変動が生じることを明らかにした。

また本研究分野では、モード同期ファイバレーザの高純度かつ狭線幅な縦モードスペクトルを光配信する技術に関しても精力的に取り組んでいる。本年度は、長さ450 kmのファイバを用いてファイバレーザ出力パルスの伝送実験を行ない、縦モードスペクトルの伝送特性を詳細に測定した。その結果、ファイバの温度変化や機械的な振動に起因する位相雑音により、伝搬とともに縦モードの裾野に広がりが生じることを示した。伝送距離の増大に伴い、光増幅器からの自然放出光雑音と非線形光学効果の相互作用による位相雑音によっても縦モードスペクトルの歪みはさらに大きくなるものと考えられる。これらの効果が光基準信号の伝送距離を制限する要因となることを明らかにした。

(2) 超高速無歪み光伝送技術に関する研究

本研究分野では時間領域での光フーリエ変換を利用した新たな超高速無歪み伝送の研究開発に取り組んでいる。40～160 Gbit/s以上の超高速光通信においては、温度や環境の変化などによってファイバの分散値が僅かに変動しても、信号の伝送品質が大きく劣化する。本手法では、光パルス波形にいかなる歪みが生じてもスペクトル形状が不変である限り、これらの波形歪みを一括除去できる。したがって、ファイバの分散値が時間的に変動しても無歪み伝送が可能であり、適応等化が簡便な構成で実現できる。これらの特徴を明らかにするために、本手法を実際に160 Gbit/s光時分割多重（OTDM）伝送に適用して本技術の性能を詳細に検証した。その結果、伝送路において二次分散や三次分散の大きさが同時に存在しかつそれらが時間的に

変動している場合においても，超短パルスの波形歪みを一括して除去できることを明らかにした。また本伝送方式により，160 Gbit/s OTDM信号の120 kmのエラーフリー伝送に成功した。

(3) 周波数安定化ファイバレーザに関する研究

光の位相を利用したコヒーレント通信や高感度な光測定技術には，周波数を安定化した光源が不可欠である。本研究分野では，単一モードファイバレーザの発振周波数をアセチレン分子 (C_2H_2) の吸収線に安定化することにより，狭線幅かつ超高安定なファイバレーザの開発に取り組んでいる。本年度は，ファイバレーザ共振器部及び電気制御回路部を一つの筐体に収納し，狭線幅な周波数安定化ファイバレーザ装置を試作した。本レーザの周波数安定度をアラン分散によって評価した結果， τ (積分時間) が1秒のとき 1.8×10^{-10} (周波数変動量36 kHz)， τ が 10^2 秒のとき 1.5×10^{-11} (3 kHz) と高安定な動作を得ることに成功した。周波数安定化動作時に自己遅延ヘテロダイン検波 (測定分解能：4 kHz) により発振スペクトル波形を測定した結果，本レーザの発振線幅は約6 kHzと狭線幅であることを明らかにした。以上の結果から，本レーザ装置により狭線幅かつ安定度の高い無変調・無偏波出力を実現した。

(4) フォトニック結晶ファイバに関する研究

フォトニック結晶ファイバ (PCF: Photonic Crystal Fiber) は断面内に空孔を周期的に配置した光ファイバである。空孔の大きさや配置を適切に設定することによって，従来のファイバでは得られない数々の興味深い光学特性を実現することができる。本研究分野では，PCFの開発やその光通信への応用に関しても精力的に研究を進めている。本年度は，新波長帯における超短光パルス伝送用媒体として，波長850 nmにおいて分散および分散スロープを同時にゼロとするためのPCFの構造パラメータを設計した。またキャピラリー法により実際にPCFを作製し，Time of flight法を用いて本PCFの分散特性を詳細に測定した。その結果，800 nm帯で分散フラットな特性を実現することに初めて成功した。但し空孔構造の最適条件との違いから，中心波長での分散値は約-20 ps/nm/kmと大きくなっている。また光損失は45 dB/kmと今のところ大きい。さらに低分散なPCFを実現するには，空孔構造のより精密な制御と長手方向の均一化が重要である。また空孔界面のわずかな揺らぎによる散乱損失を抑制し，本PCFのさらなる低損失化を図ることが重要な課題である。

<教員>

教授 中沢正隆 (2001年より)

助手 吉田真人

助手 廣岡俊彦

<教授のプロフィール>

1952年山梨県生まれ。1980年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了 (工学博士)。同年日本電信電話公社入社，茨城電気通信研究所。光ファイバ中の非線形光学効果，ソリトン通信，フェムト秒パルスレーザ，光ファイバ増幅器の研究に従事。1984～1985年MIT客員研究員。1989年グループリーダー，1994～1998年特別研究員，1999年よりNTT R&Dフェロー，1999～2000年東北大学電気通信研究所客員教授。2001年4月より東北大学電気通信研究所教授。1989年11月OITDA桜井健二郎記念賞，1990年10月英国IEE, Electronics Letters Premium Award，1997年4月科学技術庁長官賞 (研究功績者賞)，2002年電子情報通信学会猪瀬賞，IEEE Daniel E. Noble Award，科学技術振興事業団井上賞，服部報公会報公賞など受賞。IEEE，OSAおよび電子情報通信学会フェロー。2005年度電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ会長。

<研究テーマ>

1. 超高速光ソリトン伝送および非線形光学効果に関する研究
2. 超短光パルスを用いた光時分割多重超高速伝送に関する研究

3. 超短パルスモード同期レーザと周波数標準・光マイクロ波領域への応用
4. フォトニック結晶ファイバならびに新機能的な光ファイバの研究と新たな光通信の開拓

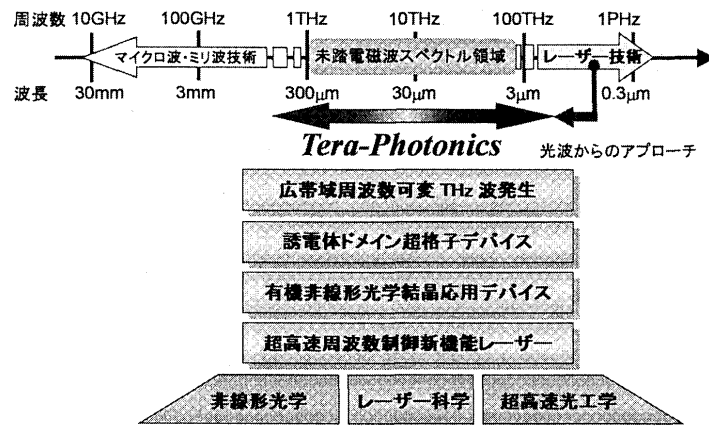
<2004年度発表論文>

- [1] M. Nakazawa, T. Hirooka, E. Futami, and S. Watanabe, "Ideal distortion-free transmission using optical Fourier transformation and Fourier transform-limited optical pulses," IEEE Photon. Technol. Lett., vol.16, no. 4, pp.1059-1061, April(2004).
- [2] T. Hirooka, Y. Hori, and M. Nakazawa, "Gaussian and sech approximations of mode field profiles in photonic crystal fibers," IEEE Photon. Technol. Lett., vol.16, no.4, pp.1071-1073, April(2004) .
- [3] M. Yoshida, T. Yaguchi, S. Harada, and M. Nakazawa, "A 40 GHz regeneratively and harmonically mode-locked erbium-doped fiber laser and its longitudinal-mode characteristics," IEICE Trans. Electron., vol.E87-C, no.7, pp.1166-1172, July(2004) .
- [4] M. Yakabe, K. Nito, M. Yoshida, M. Nakazawa, Y. Koga, K. Hagimoto, and T. Ikegami, "A new ultrastable cesium optical atomic clock with a 9.1926-GHz regeneratively mode-locked fiber laser," International Conference on Ultrafast Phenomena (UP2004), FAI, July(2004).
- [5] T. Hirooka, M. Nakazawa, F. Futami, and S. Watanabe, "A new adaptive equalization scheme for 160-Gb/s transmitted signals using time-domain optical Fourier transformation," IEEE Photon. Technol. Lett., vol.16, no.10, pp.2371-2373, October(2004).
- [6] 中沢正隆, "フォトニック結晶ファイバーとその応用," 応用物理, vol.73, no.11, pp.1409-1417, November(2004).
- [7] 中沢正隆, 廣岡俊彦, "時間領域光フーリエ変換による無歪み光ファイバー伝送," 光学, vol.34, no.1, pp.26-31, January(2005).
- [8] T. Hirooka, S. Ono, K. Hagiuda, and M. Nakazawa, "Stimulated Brillouin scattering in dispersion-decreasing fiber with ultrahigh-speed femtosecond soliton pulse compression," Opt. Lett., vol.30, no.4, pp.364-366, Feb. (2005).
- [9] 羽根田健太郎, 吉田真人, 横山弘之, 小川洋, 中沢正隆, "GHz帯超高速モード同期半導体レーザの縦モード線幅とその相対強度雑音特性の測定," 電子情報通信学会論文誌, vol.J88-C, no.3, pp.161-168(2005).
- [10] K. Hagiuda, T. Hirooka, M. Nakazawa, S. Arahira, and Y. Ogawa, "40-GHz, 100-fs stimulated-Brillouin-scattering-free pulse generation by combining a mode-locked laser diode and a dispersion-decreasing fiber," Opt. Lett., vol.30, no.6, pp.670-672, March(2005).

他国際会議発表 7 件

応用量子光学研究分野

多次元高機能コヒーレント光源の創出と その応用に関する研究



レーザー制御技術による未踏周波数領域の開拓

応用量子光学研究分野では、強誘電体、半導体、有機の各種非線形光学材料に対するミクロな構造制御や、レーザー発振動作に対する高度な時間的空間的制御により、光波からテラヘルツ波に至る広範なコヒーレント波の発生を行うとともに、その検出・制御までの一貫した研究を推進しており、その知見と成果に基づいた新たな科学技術分野であるテラフォトリクス確立と体系化を目指している。

《生体関連物質・固体フォノンのコヒーレントラマン分光》

生体分子のTHz帯振動モードは分子のコンホメーションや分子間相互作用等に関連し、生命科学や医学等の研究における重要性が指摘されつつある。そこで、水を含む生体分子の低周波振動スペクトルを高感度に捉えるため、近赤外光パラメトリック発振器を用いたコヒーレント反ストークスラマン分光（CARS）の研究を進めている。このシステムを液体試料の偏光依存型CARS測定に応用し、液体試料で問題となる非共鳴バックグラウンドを低減した、コントラストの高いピーク検出に成功した。また、周期的な物質・構造中にあるフォノンの特異な振舞いは非常に興味深く、新しい応用展開が期待されている。本CARSシステムを強誘電体超格子構造におけるTHz帯振動の分光測定に応用し、周期に依存した共鳴周波数をもつ特異な光学フォノンをCARSにより初めて見出した。

《誘電体ドメイン制御非線形光学》

周期ドメイン反転誘電体結晶を用いた擬似位相整合法は、高効率な波長変換が可能な第二世代非線形光学デバイスへのキーテクノロジーとして急速に技術革新が進んでいる。我々は、世界に先駆けてドメイン制御非線形光学デバイスの研究を行っており、これまでにLiNbO₃、MgO:LiNbO₃、LiTaO₃等の強誘電体結晶においてデューティ比が1:1に制御されたドメイン周期構造の作製法を確立し、高効率で広帯域な

非線形光波長変換を実現している。結晶厚が1~2mmの強誘電体結晶に対して周期分極反転に成功し、世界最高クラスの高出力（6.6mJ）を実現した。また、OPO-DFGデバイスを単一結晶上に作製し、高効率な波長可変中赤外光発生に成功した。また、周期分極反転LiNbO₃結晶を用いた表面放射型差周波混合を実現し、連続コヒーレントテラヘルツ波発生を確認し、テラヘルツ波の連続発生に成功した。

《有機非線形結晶DASTの育成・加工と非線形光学応用》

有機非線形光学結晶DASTは高い非線形光学係数と電気光学定数を有し、高効率な高周波発生・検出デバイスの実現が可能である。まず導電率測定に基づく最適育成プロセス技術を開発し、大型で高品質なDAST結晶を再現性よく得ることに成功した。また、有機結晶に対して光学レベルの使用に耐えうる高精度な表面処理や加工を行うことは従来に困難であったが、新たに精密加工機を共同開発して高品質な加工・処理技術を開発し、ナノスケールの平坦度をもつ結晶加工を実現した。また、第二高調波発生による結晶評価システムを構築した。さらに差周波混合によるTHz波発生に成功し、1-15THzまでの広帯域なTHz波発生を確認した。

《周波数シフト帰還型レーザー》

周波数シフト帰還型（FSF）レーザーは、共振器内に挿入した音響光学素子により光波の周波数をシフトさせてレーザー媒質に帰還させるタイプのレーザーであり、我々が独自に開発・動作機構の解明を進めてきた。この超高速に周波数チャープするFSFレーザーを周波数ドメインの光距離計測に応用すれば非常に高い距離計測精度とワイドなダイナミックレンジを同時に達成できる。モードロックFSFファイバーレーザーでは光学長150kmの光ファイバーを分解能40mmで測定することに成功した。さらに高速光通信伝送網で問題となる通信用光ファイバーの偏波モード分散（PMD）計測、大気屈折率変化を利用した地球温暖化現象の計測、遠隔圧力センサと組み合わせた津波計測ネットワーク等の応用を行い、情報通信、環境計測、自然災害計測において有力なツールとなりうることを示した。またFSFレーザーのコヒーレンシーを応用し、信号多重伝送の可能性を示した。

職員

教授 伊藤 弘昌(1993/1~)
教授（兼任）横山 弘之（2003/4~）
助教授 四方 潤一（2003/4~）
助手 水津 光司
技官 今野 勇治、田久 長一
秘書 長岡 亜紀子

伊藤弘昌教授のプロフィール

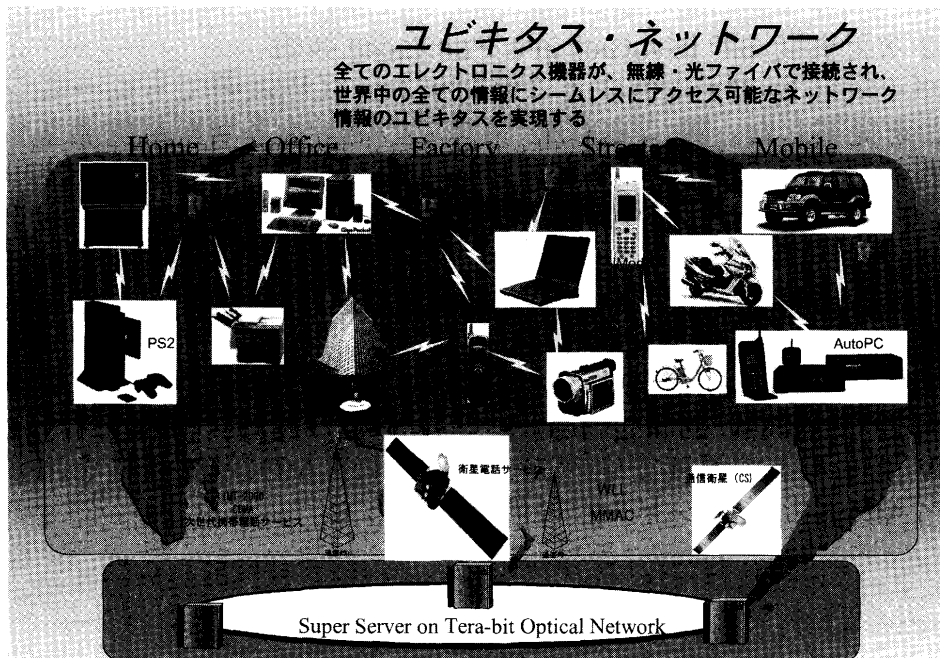
1966年東北大学工学部通信工学科卒、1972年同大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。工学博士。同大学電気通信研究所助手、助教授を経て1993年より教授。2001~2002年度同大学未来科学技術センター（NICHe）教授、センター長。2003年度同大研究推進・知的財産本部知的財産部長を兼務。2004年度より同大電気通信研究所所長。この間、1975~1976年に日本学術振興会派遣によるスタンフォード大学客員研究員。1998年より理化学研究所フォトダイナミクス研究センターのチームリーダーを兼務。レーザーおよび非線形光学とその応用研究に従事。1971年米澤記念学術奨励賞、1989年、2003年電子情報通信学会論文賞、2000年レーザー学会論文賞など各受賞。電気情報通信学会ES会長、レーザー学会東北・北海道支部長、応用物理学

会東北支部長, 同評議員, 日本光学会, IEEE各会員。OSA Fellow, 電子情報通信学会フェロー。

主な発表論文 (2004年度)

1. S. Haidar, Y. Sasaki, E. Niwa, K. Masumoto and H. Ito, "Electro-optic tuning of a periodically poled LiNbO₃ optical parametric oscillator and mixing its output waves to generate mid-IR tunable from 9.4 to 10.5 μ m", Optics Communications, Vol 229, pp 325-330 (Jan. 2004).
2. Frank V. Kowalski, Cheikh Ndiaye, Koichiro Nakamura, Hiromasa Ito, "Noise waveforms generated by frequency shifted feedback lasers: application to multiple access communications", Optics Communications, 231 (2004) pp. 149-164.
3. Yuzo Sasaki, Hiroyuki Yokoyama, and Hiromasa Ito, "Dual-wavelength optical-pulse source based on diode lasers for high-repetition-rate, narrow-bandwidth terahertz-wave generation", Optics Express, Vol. 12, No. 14, pp. 3066-3071 (July 2004).
4. Y. Watanabe, K. Kawase, T. Ikari, H. Ito, Y. Ishikawa, H. Minamide, "Component analysis of chemical mixtures using terahertz spectroscopic imaging", Optics Communications, 234, pp. 125-129 (2004).
5. S. Haidar, K. Miyamoto, H. Ito, "Generation of tunable mid-IR (5.5-9.3 μ m) from a 2- μ m pumped ZnGeP₂ optical parametric oscillator", Optics Communications, vol. 241, pp173-178 (November 2004).
6. S. Haidar, K. Miyamoto, H. Ito, "Generation of continuously tunable, 5-12 μ m radiation by difference frequency mixing of output waves of a KTP optical parametric oscillator in a ZnGeP₂ crystal", J. Phys. D: Appl. Phys. 37 (2004) pp. 3347-3349.
7. Masae Takahashi, Yoichi Ishikawa, Jun-ichi Nishizawa, Hiromasa Ito, "Low-frequency vibrational modes of riboflavin and related compounds", Chemical Physics Letters, 401 (2005), pp. 475-482.
8. 川瀬晃道, 渡部裕輝, 小川雄一, 伊藤弘昌, "テラヘルツ分光イメージングによる試薬の成分解析", 電気学会誌, vol. 124-C, no.7, pp. 1339-1344 (2004).
9. P. E. Powers, R. A. Alkuwari, J. W. Haus, K. Suizu, H. Ito, "Terahertz generation with tandem seeded optical parametric generators," Optics Letters, 30 (2005), pp. 640-642

先端ワイヤレス通信技術研究分野

システムトップダウン設計による
ユビキタスネットワークの実現

<分野の目標>

21 世紀のワイヤレスマルチメディア社会を支えるユビキタスネットワークの実現に向けて、システムトップダウン設計をコンセプトとして研究を行っている。特に、無線通信ネットワークプロトコル開発、SS-CDMA (Spread-Spectrum Code-Division Multiple-Access: スペクトラム拡散・符号分割多元接続) 技術を核とした無線通信技術開発、デジタル・アナログ混載 LSI 設計・開発、GHz 帯弾性表面波デバイス開発、3 次元実装技術開発など、ネットワークからデバイス・物性まで、一貫した研究活動を行っている。以下、本年度の成果のうち、主なものについてまとめる。

<過去 1 年間の主な成果>

1. フレキシブルワイヤレスネットワーク

ユビキタスネットワーク実現に不可欠な、コンシューマ向け無線通信ネットワークの提案・開発を行った。特に、セル内アクセス通信下り回線で用いているパケット SS-CDMA 方式における周波数偏差・初期位相偏差補償回路の設計・試作を行った。また、バッファパケット転送方式を用いた無線 LAN 無瞬断ハンドオーバー方式を提案し、IEEE802.11a 規格を用いて実装・評価を行った。

2. 電流モードアナログ信号処理 SI (Switched Current) 回路 LSI

電流モードアナログ信号処理 SI 回路を用いた、低消費電力 OFDM (Orthogonal-Frequency-Division Multiplexing) 通信用高速フーリエ変換 (FFT) 回路の提案を行った。特に、周辺回路である電圧電流変換回路、電圧電流変換回路シリアルパラレル変換

回路，パラレルシリアル変換回路を設計・開発した。また，電流モードを用いた乗算回路の基礎検討を行った。

3. 超小型デジタルワンチップ送受信モジュール

送受信器をデジタル回路のみで実現できる $150\mu\text{m}$ 角サイズの超小型通信モジュールの開発を行った。特に，超小型アンテナ・RF 部の基礎検討を行った。

4. シームレス 3 次元実装 SiP (System in a Package) 技術

異種材料デバイスを 3 次元実装することにより，高周波帯でもシームレスに実装可能であることを提案した。特に 60GHz 帯までの信号を多層配線樹脂基板上で伝送するための線路設計手法についての検討を行った。また，基板間接続に SBB(Stud Bump Bonding) や銅ボールを用いた，高周波伝送線路についての基礎検討を行った。

5. MOCVD 法による AlN 薄膜を用いた弾性表面波 (SAW) および

薄膜バルク波共振器 (FBAR) フィルタ

無線 LAN 帯域である 2.4GHz 帯および 5GHz 帯用の RF フロントエンドフィルタの高性能化を目指し，SAW および FBAR フィルタの設計・試作を行った。特に，5GHz 帯用 SAW フィルタの温度安定性向上のために，MOCVD 技術を用いた原子層レベル超平坦化 AlN エピタキシャル膜の研究を行った。

<職員>

教授 坪内 和夫(1993 年より)

助手 中瀬 博之

助手 亀田 卓

産学官連携研究員 金 成権

<坪内和夫教授のプロフィール>

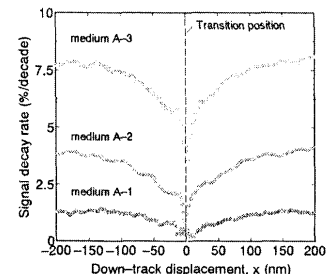
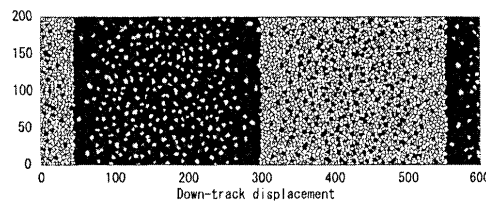
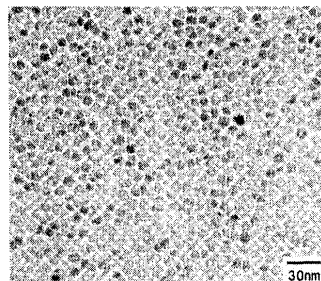
昭和 49 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。工学博士。昭和 49 年 4 月東北大学電気通信研究所助手。昭和 57 年 4 月～10 月米国パーデュー大学客員助教授。昭和 58 年 3 月助教授。平成 5 年 3 月教授。昭和 58 年服部報公賞，平成 6 年第 26 回市村学術賞貢献賞，平成 8 年第 11 回電気通信普及財団賞(テレコムシステム技術賞)，平成 9 年第 22 回井上春成賞，平成 15 年東北総合通信局長「電波の日」表彰受賞。日本物理学会，応用物理学会，電気学会，電子情報通信学会，日本エレクトロニクス実装学会，IEEE 会員。

<主な研究発表>

- [1] C.-M. Yang, K. Uehara, Y. Aota, S.-K. Kim, S. Kameda, H. Nakase, Y. Isota, and K. Tsubouchi, "Growth of AlN film on Mo/SiO₂/Si(111) for 5GHz-band FBAR using MOCVD," 2004 IEEE Int. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr. Joint 50th Anniversary Conf. Proc., U4-B-1, August 2004.
- [2] K. Uehara, C.-M. Yang, T. Shibata, S.-K. Kim, S. Kameda, H. Nakase, Y. Isota, and K. Tsubouchi, "Fabrication of 5-GHz-band SAW filter with atomically-flat-surface AlN on sapphire," 2004 IEEE Int. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr. Joint 50th Anniversary Conf. Proc., U5-B-5, August 2004.
- [3] S.-K. Kim, A. Minegishi, Y.-W. Park, S. Kameda, H. Nakase, Y. Isota, and K. Tsubouchi, "Voltage to current converter for OFDM current-mode FFT LSI," IEEE Asia Pacific Conf. Circuits and Systems (APCCAS2004), 6A-3, Dec. 2004.

情報ストレージシステム研究分野

垂直磁気記録を用いた 次世代大容量磁気ストレージシステムの構築



微細磁性粒子を SiO_2 によって ボロノイセルによる記録パターンモデルと、各ダウントラック位置での信号
磁気分離した垂直媒体の高分 減衰の実測値
解能 TEM 像

1. 分野の目標

IT社会で取扱われる膨大な情報の蓄積・アクセスを行うのがハードディスク装置等の磁気ストレージである。本分野では垂直磁気記録方式による記録の高密度化を進めるとともに、これを用いたストレージシステムの研究を行っている。当面の目標は1ビットの面積が25ナノメータ四方という次世代の高速高密度情報ストレージ（テラビットストレージ）であり、本研究室で提案した単磁極型記録ヘッドと垂直ディスクの研究を行い、実際にこれらを組み合わせた高密度記録再生の実験的検討を踏まえて性能向上に取り組んでいる。

2. 過去一年間の主な研究成果

1) 高密度垂直記録再生理論の研究

現在の国際的な目標である1平方インチ当たり1テラビットの超高密度記録を垂直磁気記録で実現するために、理論的な指導原理を突き詰めている。近年の課題の一つであった媒体ノイズについては、その空間分布の可視化を波形解析により可能とした。また、熱擾乱による磁化情報の消失やノイズの経時変化についても検討した。これらにより、低密度記録時ほど出力は劣化するものの、磁化転移付近ではノイズが不変であることが確認できた。また、面記録密度を向上させる上で重要なトラック幅方向の特性に関しては、記録条件だけでなく媒体パラメータによっても記録にじみの抑制が可能であることを示した。同時に、マイクロマグネティックスに基づくコンピュータシミュレーションを駆使して高密度ストレージ方式の設計指針の導出を行った。

2) 低ノイズ垂直記録メディアの研究

非磁性材である SiO_2 をCoPtCr粒子間に析出させることによって明確な非磁性粒界を形成したグラニューラメディアに関しては、 SiO_2 組成と結晶粒の孤立化について検討を行い、シード層の粒径低減や均質性の向上が重要であることを明らかにした。また、熱安定性と飽和記録特性の両者を確保することを目的とした、2種類の記録層をスタックした媒体（Hard/Softスタック媒体）についても試作・評価することが

できた。

3) ストレージシステムに関する研究

大容量コンテンツ配信を目的としたネットワーク分散型グリッドストレージ等のストレージシステムに関する基礎的な検討を始めた。破綻なく動画をストリーミング再生するために、グリッドストレージ独特の帯域調節法や耐障害性について調査した。

【職員】

教 授 村岡 裕明 (2000年より)

助教授 Simon GREAVES

助 手 三浦 健司

【教授プロフィール】

昭和56年東北大学大学院工学研究科電気及び通信工学専攻博士課程修了。同年松下通信工業(株)、平成3年電気通信研究所助手、平成5年同助教授、平成12年同教授。高密度磁気記録理論、磁気記録デバイス及び記録方式、情報ストレージ方式、等の研究・開発に従事。電子情報通信学会、映像メディア学会、日本応用磁気学会、IEEE、各会員。工学博士。IEEE Magnetics Society Education Committee, IEEE Magnetics Society Administration Committee各委員。

【研究テーマ】

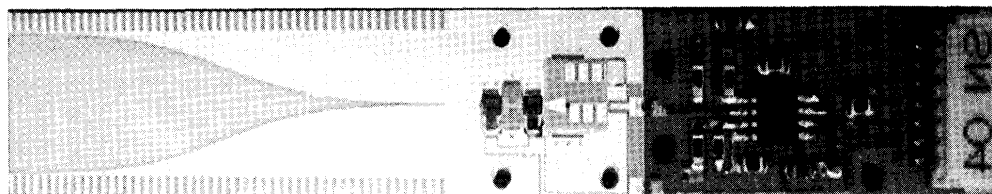
1. 高分解能・広帯域単磁極ヘッドの研究
2. 低ノイズ垂直磁気記録媒体の研究
3. 高密度薄膜媒体の熱磁気緩和に関する研究
4. 高密度磁気記録方式の研究
5. 大容量高速ストレージシステムの研究

【過去一年間の主な発表論文】

- (1) M. Hashimoto, K. Miura, H. Muraoka, H. Aoi, Y. Nakamura, "Influence of magnetic cluster-size distribution on signal-to-noise ratio in perpendicular magnetic recording media," IEEE Trans. Magn., Vol.40, No.4, 2458-2460 (2004).
- (2) Y. Kanai, H. Watanabe, H. Muraoka, Y. Nakamura, "Single-pole-type head showing a large recording field suitable for 1Tbpsi with discrete-track media," J. Magn. Magn. Mat., 287, 362-366 (2005).
- (3) T. Shimatsu, H. Sato, T. Oikawa, Y. Inaba, O. Kitakami, S. Okamoto, H. Aoi, H. Muraoka, Y. Nakamura, "High Perpendicular Magnetic Anisotropy of CoPtCr/Ru Films for Granular-Type Perpendicular Media," IEEE Trans. Magn., Vol.40, No.4, 2483-2485 (2004).
- (4) K. Miura, H. Muraoka, H. Aoi, Y. Nakamura, "Correlation between transition parameter and transition jitter using Voronoi cell modeling," J. Magn. Magn. Mat., 287, 133-137 (2005).

ブロードバンド通信基盤技術分野

ミリ波～テラヘルツ波を用いた計測技術の研究開発



フェルミ・アンテナを用いたイメージングアレイ用素子 (35 GHz 帯)

電磁波の応用は、通信、計測、エネルギーの3分野に大別できるが、電磁波スペクトラムのうちミリ波領域は、これまで通信をその主要な応用範囲として開発が行われてきている。一方、本研究分野では、ミリ波を計測の手段として用い、各種計測技術の研究開発を行っている。計測手段としてのミリ波の特徴は一般的に次のような項目を挙げることができる；赤外線～テラヘルツ波に比して、透過率が高い（より深部の情報を得ることができる）、マイクロ波に比して空間分解能が良い、LNA（低雑音増幅器）など通信技術に対して開発された高性能のデバイスを使用できる、など。

本研究分野では、計測のうち特にイメージング技術に重点をおき、研究開発を進めている。本年度の主な研究成果を以下に述べる。

1. 我々の提案した広帯域アンテナ（フェルミ・アンテナと呼ばれている）について設計手法を確立し（工学研究科澤谷研究室との共同研究）、その成果をイノベーション・ジャパン 2004（JST, 文科省などの主催）にて発表した。フェルミ・アンテナの各パラメータについて、その効果、また全体の設計フローチャートを明らかにした。
2. 比較的近距離（数10cm）の物体をイメージングするための小型の装置を設計、製作した。この時、レンズ（直径10cm, アルミナ製）の設計・実現に力点をおき、研究開発を行った。
3. 生体組織（岩手医大提供の癌組織の標本）をパッシブ法でイメージング（35 GHz 帯）し、組織に対応した像強度が得られることを示した。
4. 果実の熟成度を外部より検査することを目的に、果実糖度とミリ波輝度とについて計測を行い、対応関係があることを実験的に示した。
5. 果実のミリ波放射に関するモデルとして、ショ糖水溶液からのミリ波放射、およびその水溶液の複素誘電率を測定し、糖度上昇に伴いミリ波放射率が上がるという4.の結果を裏付ける結果を得た。
6. 生体関連の水溶液（Albumin, Nickel, NaCl, Glycine, Glutamic Acid）について、マイクロ波～ミリ波領域（200 MHz～40 GHz）で複素誘電率の計測を行い、Cole - Cole plot 表示をすることにより、これらの溶液の識別が可能であることを示した。

<職員>

客員教授 水野 皓司 (2004年より)
 非常勤研究員 我妻 壽彦 (2005年より)

<水野皓司客員教授のプロフィール>

昭38東北大・工・電子卒。昭43 同大学大学院博士課程了。工博。東北大助手，助教授を経て，昭59 教授（電気通信研究所），平16定年退官，客員教授（東北大学名誉教授）。昭47 ロンドン大客員研究員，平2 カリフォルニア工科大，ロンドン大客員教授。平2より平10まで理化学研究所チームリーダーを兼務。この間，ミリ波，サブミリ波帯デバイス・計測装置の研究開発に従事。昭59 第17回科学計測振興会賞受賞，平5 IEEEフェロー，平10 K.J. Button Medal 受賞，平11情報通信月間表彰（東北電気通信管理局），平15文部科学大臣賞（研究功績者）受賞，電子情報通信学会フェロー。

<研究テーマ>

1. ミリ波イメージング技術（パッシブ，アクティブ。フォーカルプレーン，近距離（フレネル領域），近接場）の研究開発，
2. ミリ波イメージング技術を用いた生体，果実等の観測，
3. ミリ波イメージング技術のセキュリティ，監視，防災等への応用。

<主な研究発表>

- [1] K. Mizuno, "Development of a millimeter-wave Imaging array and a scanning near-field microscope (Invited)", SPIE DEFENSE & SECURITY SYMPOSIUM, Terahertz for Military and Security Applications II, Orlando, April 2004.
- [2] H. Sato, K. Sawaya, Y. Wagatsuma, K. Mizuno, "Design of Narrow-Width FERMI Antenna with Circular Radiation Pattern," IEEE AP-S International Symposium National Radio Science Meeting, Vol. 1, pp. 4312-4315, Monterey CA, July 2004.
- [3] 高木由紀子，佐藤弘康，我妻嘉彦，水野皓司，澤谷邦男，"コルゲート構造付広帯域対せき形フェルミアンテナの高利得化," 電子情報通信学会アンテナ伝搬研究会技術報告，No. AP-49，北海道，平成16年7月．
- [4] H. Sato, S. Kagaya, Y. Wagatsuma, K. Sawaya, and K. Mizuno, "Design Method of Narrow-width Fermi Antenna for Passive Millimeter Wave Imaging," 2004 International Symposium on Antennas and Propagation, Sendai, August 2004.
- [5] Y. Takagi, H. Sato, Y. Wagatsuma, K. Mizuno, and K. Sawaya, "Study of High Gain and Broadband Antipodal Fermi Antenna With Corrugation," 2004 International Symposium on Antennas and Propagation, Sendai, August 2004.
- [6] 高木由紀子，佐藤弘康，我妻嘉彦，水野皓司，澤谷邦男，"コルゲート構造付広帯域対せき形フェルミアンテナの高利得化," 電子情報通信学会東北支部，仙台，平成16年8月．
- [7] M-S Son, J-K Rhee and K. Mizuno, "An Analysis of the Soft Kink Phenomena in GaAs-based Short-gate MHEMTs Using 2D Hydrodynamic Transport Simulation," Extended Abstract, The 31st Int'l Symposium on Compound Semiconductors (ISCS-2004), pp. 260-261, Seoul, Korea, September. 2004.
- [8] T. Nozokido, T. Ohbayashi, J. Nae, and K. Mizuno, "A Resonant Slit-Type Probe for Millimeter-Wave Scanning Near-Field Microscopy," IEICE Trans. Electron., vol. E87-C, no. 12, pp. 2158-2163, December 2004.
- [9] H. Matono, Y. Wagatsuma, H. Warashina, M-S Son, S. Miyanaga and K. Mizuno, "Development of a Compact Passive Millimeter-wave Imager," Proc. MINT-MIS 2005/TSMW 2005, Seoul, Korea, February 2005.
- [10] T. Nozokido, R. Iibuchi, J. Bae, and K. Mizuno, "Millimeter-wave scanning near-field anisotropy microscopy," Rev. Sci. Instrum., vol. 76, no. 3, pp. 033702 1-033702 6, March 2005.